

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-24576
(P2001-24576A)

(43) 公開日 平成13年1月26日 (2001.1.26)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
H 0 4 B	7/26	H 0 4 B	7/26
H 0 4 Q	7/36		H 5 K 0 6 7
	7/38		C
			1 0 5 C
			1 0 9 G

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-193485

(22) 出願日 平成11年7月7日 (1999.7.7)

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社
大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 田中 啓二

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電
気工業株式会社大阪製作所内

(72) 発明者 前島 貴

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電
気工業株式会社大阪製作所内

(74) 代理人 100075155

弁理士 亀井 弘勝 (外2名)

Fターム (参考) 5K067 AA23 BB03 CC02 DD02 EE02
EE10 EE14 EE67 GG01 GG11
KK02 KK03

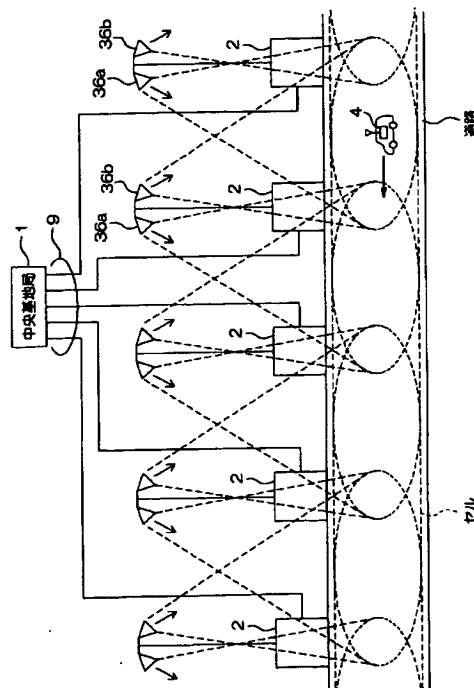
(54) 【発明の名称】 路上送信装置

(57) 【要約】

【課題】 セルに複数配置された路上通信局とセル内の車載移動局との間で通信を行う路車間通信システムにおいて、ドップラー効果により受信周波数が変動しても、通信のとぎれが生ぜず、安定した通信が行える車載受信装置を実現する。

【解決手段】 車両の走行方向の指向性を有する送信アンテナ36aと、車両の走行方向と逆の指向性を有する送信アンテナ36bとを設置し、アンテナ36aから放射される電波には、周波数を高くするオフセットを与え、アンテナ36bから放射される電波には、周波数を低くするオフセットを与える。

【効果】 車載受信装置にとっては、ドップラー偏移に基づく受信周波数の変動が少なくなり、自動周波数制御 (AFC) が容易になり、復調後データの品質の劣化が緩和される。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】セルに配置された路上通信局とセル内の車載移動局との間で通信を行う路車間通信システムに用いられる路上送信装置であって、

車両の走行方向の指向性を有する第1の送信アンテナと、車両の走行方向と逆の指向性を有する第2の送信アンテナと、第1の送信アンテナ及び第2の送信アンテナにそれぞれつながれ、同一周波数の信号を出力する第1の送信部及び第2の送信部と、周波数補正部とを備え、前記周波数補正部は、

第1の送信部に対して、第1の送信アンテナに供給される信号の周波数を高くする正の周波数オフセットを与え、

第2の送信部に対して、第2の送信アンテナに供給される信号の周波数を低くする負の周波数オフセットを与えるように補正するものであることを特徴とする路上送信装置。

【請求項2】前記周波数補正部が与える正負の周波数オフセット量の大きさは等しいことを特徴とする請求項1記載の路上送信装置。

【請求項3】セル内を走行する車両の速度を検知する速度検知手段をさらに備え、前記周波数補正部は、周波数オフセット量の大きさを、検知した車両の速度に基づいて設定するものである請求項1記載の路上送信装置。

【請求項4】前記周波数補正部が与える周波数オフセット量の大きさは、車両が受けるドップラー偏移を一定とみなして固定値に設定されるものである請求項1記載の路上送信装置。

【請求項5】前記第1の送信部及び第2の送信部は、直交周波数分割多重（OFDM；Orthogonal Frequency Division Multiplex）変調された電波を送信するものである請求項1から請求項4までのいずれかに記載の路上送信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数の路上アンテナを道路に沿って配置し、道路にセルを形成することにより路上と移動局との移動通信を可能にする路車間通信システムに用いられる路上送信装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】道路管理者と車両との間の通信需要は、今後ますます増加する方向にある。特に高速道路において、車両の運転者に負担をかけずに、かつ、互いに事故を起こさないような道路走行を実現しようとするれば、道路側の情報と車両側の情報とを頻繁にやり取りする必要がある。このようなシステムを発展させていくと、道路と車両との両方に各種センサやカメラを網羅し、道路側と車両側とで緊密に連絡しあって車両が走行する自動運転システムにつながっていく（例えば、特開平8-24

1495号公報参照）。

【0003】自動運転システムへの将来的拡張を考慮し、車両との間の通信を利用した運転支援システム（以下「路車間通信システム」という）を構築するにあたっては、道路上に通信エリア（セル）を設ける必要がある。そこで、道路に沿って漏洩同軸ケーブルを敷設することが考えられるが、敷設工事が大掛かりになる上、漏洩同軸ケーブルを地面から比較的低い位置に設置する必要があるので、車線横断方向に電波の届く距離が短いという欠点がある。

【0004】これに対して、路上アンテナを所定間隔で道路の各所に設置して通信を行うようにすれば、1つの路上アンテナで比較的広いセルを確保することができる。この場合、路上アンテナは、光ファイバなどを介して道路管理者側の中央基地局にそれぞれ結合されている。路上アンテナを設置した場合、大型車が小型車に接近すると、小型車から路上アンテナを見通せなくなることがある。特に、周波数の高いマイクロ波やミリ波は回折角が小さく、遮蔽されやすい。このため、路車間において通信が途絶えてしまって通信ができなくなる。

【0005】そこで、路上と車両との連続的な通信を可能にするため、固有の指向性を有する路上アンテナを、道路に沿って複数配置し、各路上アンテナから同一周波数、同一内容の電波を同一セル内に放射する、複局通信の提案が行なわれている。複局通信システムの場合、放射される電波の伝搬経路が複数あるので、車両がトラックのような大型車の近傍を走行していても、電波の遮蔽を回避でき、移動局と路上通信局との連続的な通信を良好に行えるという利点がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、複局通信方式では、車両が走行すると、走行に伴うドップラー現象が生じ、前方向と後方方向から電波を受ける受信アンテナは、それぞれドップラー偏移に基づき異なった周波数の電波を受ける。図9(a)は、複局通信方式の従来の路上アンテナa、b、cの配置及びその下を走行する車両を示し、車両は、受信アンテナ61と受信装置4を搭載している。

【0007】図9(b)は、受信アンテナ61の受ける受信周波数のずれの推移を示すグラフである。受信アンテナ61が路上アンテナaから受ける受信周波数のずれの推移をa、受信アンテナ61が路上アンテナbから受ける受信周波数のずれの推移をb、受信アンテナ61が路上アンテナcから受ける受信周波数のずれの推移をcで示している。

【0008】路上アンテナaから受ける受信周波数のずれの数値例を挙げる。路上アンテナの送信周波数を f_0 、車速 v とすると、ドップラー偏移 Δf は、 $\Delta f = f_0 v/c$ （ c は光速）となる。車両が路上を走行し、路上アンテナの地上からの高さを H 、車両からの路上アンテナ

ナまでの距離をLとしたときの、ドップラー偏移 Δf は、

$$\Delta f = f_0 (v/c) L (L^2 + H^2)^{-1/2}$$

となる。 $f_0 = 5.8 \text{ GHz}$, $v = 100 \text{ km/h}$, $H = 10 \text{ (m)}$ の数値を仮定すると、ドップラー偏移 Δf は、

$$\Delta f = 537 \cdot L (L^2 + H^2)^{-1/2} \text{ (Hz)}$$

となる。路上アンテナの間隔を50(m)としたとき、Lは、0(m)から最大50(m)までとるので、ドップラー偏移 Δf は、0から527(Hz)までの範囲をとる。中間のL=25(m)の位置では、ドップラー偏移 Δf は、499(Hz)となる。

【0009】図9(a)のような配置では、図9(b)に示すように、車両の走行にともない、車両が路上アンテナのほぼ中間の位置を通過するたびに、受信周波数に飛びが生じる。これは受信装置4の自動周波数制御(AFC)が、受信電力の大きい方の周波数に引き込まれるからである。この飛びのため、受信部において周波数制御の追従が困難になり、その間、通信がとぎれるという事態が生じていた。

【0010】したがって、セルに複数配置された路上通信局とセル内の車載移動局との間で通信を行う路車間通信システムにおいて、路上送信装置側でドップラー効果を軽減する方策が望まれていた。

【0011】

【課題を解決するための手段及び発明の効果】(1)前記目的を達成するための請求項1記載の路上送信装置は、車両の走行方向の指向性を有する第1の送信アンテナと、車両の走行方向と逆の指向性を有する第2の送信アンテナと、第1の送信アンテナ及び第2の送信アンテナにそれぞれつながれ、同一周波数の信号を出力する第1の送信部及び第2の送信部と、周波数補正部とを備え、前記周波数補正部は、第1の送信部に対して、第1の送信アンテナに供給される信号の周波数を高くする正の周波数オフセットを与え、第2の送信部に対して、第2の送信アンテナに供給される信号の周波数を低くする負の周波数オフセットを与えるように補正するものである。

【0012】本発明では、車両の走行方向を向いた電波には、周波数を高くするオフセットを与え、車両の走行方向と逆の電波には、周波数を低くするオフセットを与えて送信する。したがって、車載受信装置にとっては、ドップラー偏移に基づく受信周波数の変動が少なくなり、自動周波数制御(AFC)の周波数制御に対する要求が緩やかになる。したがって復調後データの品質の劣化が緩和される。

【0013】(2) 前記周波数補正部が与える正負の周波数オフセット量の大きさは等しいことが好ましい(請求項2)。通常、車両の走行速度は、セル内ではほぼ等しいので、車載受信装置が車両の走行方向を向いた電波から受けるドップラー偏移と、車両の走行方向と逆向きの電波から受けるドップラー偏移の大きさは同じと考えられ

るからである。

【0014】(3) セル内を走行する車両の速度を検知する速度検知手段をさらに備え、前記周波数補正部は、周波数オフセット量の大きさを、検知した車両の速度に基づいて設定するものであってもよい(請求項3)。車両の走行速度が検知できれば、車載受信装置が受けるドップラー偏移の大きさも分かるので、それに応じて周波数オフセット量の大きさを設定することができる。したがって、車両の速度が時間的に変化する場合、リアルタイムで正確な周波数補正をすることができる。

【0015】なお、セル内に複数の車両があり、それぞれの車両の速度が検知できるときは、複数の車両の速度の平均値に基づいて周波数オフセット量の大きさを設定することになる。

(4) 前記周波数補正部が与える周波数オフセット量の大きさは、車両が受けるドップラー偏移を一定とみなして固定値に設定してもよい(請求項4)。

【0016】通常、車両の走行速度は、同じ道路の同じセル内で、いつもほぼ等しく、大きな時間変動はないと考えられる(交通規制や渋滞があれば、車両の走行速度は大きく変動するが、交通規制や渋滞はいつどの程度起こるか予測できない)。したがって、周波数オフセット量の大きさを固定しても、ドップラー偏移に基づく受信周波数の変動を緩和するという本発明の目的は達成できる。

【0017】さらに速度検知手段が不要になるので、路上送信装置の構成が簡単になるという利点がある。

(5) 第1の送信部及び第2の送信部は、OFDM変調された電波を送信するものであってもよい(請求項5)。伝送情報を副搬送波に分割して伝送するOFDM変調方式を採用した場合、隣接する副搬送波同士の周波数間隔は狭いため、周波数変位に対するビット誤り率の感度が高い。したがって、図9に説明したような従来の路車間通信システムでは、ドップラー周波数変化が大きくなることにより、伝送特性の劣化が生じてしまう。

【0018】本発明は、周波数にオフセットを与える補正をして、ドップラー周波数変化を緩和するので、OFDM変調方式を採用した路車間通信システムに対して非常に有効に働く。

【0019】

【発明の実施の形態】以下では、本発明の実施の形態を、添付図面を参照して詳細に説明する。図1は、路車間通信システムの構成を示す概念図である。この路車間通信システムは、路上通信局と車両に搭載されている移動局との間で道路交通情報を送受信するシステムである。

【0020】道路に沿ってセルが形成されている。セルの中又はその近傍には、送受信局2が間隔を置いて設置されている。各送受信局2は、それぞれ車両の走行方向に沿って前方向の指向性を有するアンテナ36aと、後

方向の指向性を有するアンテナ36bとを有している。これらの前方向の指向性を有するアンテナ36aからは、正側にオフセットされた周波数の電波がセル内に放射され、後方向の指向性を有するアンテナ36bからは、負側にオフセットされた周波数の電波がセル内に放射される。

【0021】なお、アンテナから放射される電波の周波数は、オフセット分を除けば、同一周波数となっている。送受信局2は、中央基地局1から光ファイバや同軸ケーブル等の有線伝送回線9（無線伝送回線でもよい。以下「有線伝送回線9」を想定する）を介して送信データを取得し、互いに直交する複数の搬送波（サブキャリア）を使ってOFDM変調を施して、無線電波としてセル内に送信するものである。また、送受信局2は、セル内の車載移動局4からOFDM変調が施された無線電波を受信し、OFDM復調して、中央基地局1に有線伝送回線9を介して受信データを中央基地局1に送信するものである。

【0022】前記送受信局2の機能と、中央基地局1の機能とを合わせて、「路上通信局」ということとする。OFDM変調方式を採用する理由は、次のとおりである。複局通信の場合、同一セル内に同じような送信電力で複数の電波が放射されるので、マルチパスによるフェージングが生じ、搬送波間干渉や符号間干渉が強く現れ、その影響を取り除くことは、システム構築の上で必須となる。

【0023】一般に、シングルキャリア（単一搬送波）を用いた移動体通信方式では、マルチパス遅延波による符号間干渉の影響を受けやすい。そこで、キャリアを複数のサブキャリアに分割して送信することができるOFDM変調方式を採用することが提案されている。このOFDM変調方式は、ガード時間の設定により遅延波の影響を排除することができるという利点がある。

【0024】図2は、送受信局2の送信装置2bの内部構成を示すブロック図である。送信装置2bは、S/P（シリアルパラレル）変換回路31、 f_d 設定回路32、逆フーリエ変換回路33、QPSK変調回路34a、34b、アップコンバータ35a、35b等を有している。逆フーリエ変換回路33は、S/P変換回路31から平行に供給される送信データに対して逆フーリエ変換を施し、逆フーリエ変換したものを変換してシリアルに戻し、シリアルに戻されたシンボル列を時間圧縮して、後ろのシンボルを前にもってくることでガード時間を設定するという諸機能を実現する回路である。

【0025】図3は、OFDMによるシンボル伝送の様子を周波数軸 f 、時間軸 t 上に図示したグラフである。有効シンボル長は T_S で表され、ガード時間は Δt で表されている。時間圧縮比は、 $(T_S + \Delta t) / T_S$ で示される。サブキャリア数を n 、伝送レートを m (Mbps)とすると、 T_S は、QPSKの場合 $T_S = 2n / m$ (μsec)で

表される。

【0026】前記OFDM変調のガード時間 Δt は、マルチパスによる遅延時間よりも長くとる必要がある。これにより、送受信局2や車載移動局4は、電波伝搬の経路が複数あること（マルチパス）による伝搬遅延の悪影響を受けることなく、シンボル間の干渉を回避して受信信号を正確に復元することができる。図2を参照して、QPSK変調回路34a、34bは、逆フーリエ変換回路33から出力される位相 0° 、 180° に対応する信号、位相 90° 、 270° に対応する信号をそれぞれD/A変換し、sin波、cos波をかけて加算することにより、QPSK変調する回路である。

【0027】なお、この実施形態では、QPSK変調することとしているが、これ以外に他の変調方式、例えばQAM、BPSK、8PSK等を採用してもよいことはもちろんである。しかし以下では、特に断らない限りQPSK変調を行うことを前提として、説明を進める。アップコンバータ35a、35bは、無線周波数に周波数変換する回路である。アップコンバータ35a、35bの出力信号は、サーキュレータ、同軸ケーブルを通過して路上アンテナ36から電波として放射される。

【0028】ここで、QPSK変調回路34において、周波数にオフセットを与える方法を説明する。 f_d 設定回路32は、オフセット周波数 f_d を設定する回路であり、この設定は、(1)道路を走行する車両の走行速度をリアルタイムで検知して設定する、(2)予め定数として与えておく、といった方法が考えられる。

【0029】(1)の車両の走行速度を検知するには、例えば、(1-1)セル内の各車両から自車の速度情報を送信してもらい、この速度情報に基づいて車両の平均的な走行速度を求める方法、(1-2)道路の超音波式速度感知器やテレビカメラを設置して各車両の速度を検知し、平均的な走行速度を求める方法、(1-3)受信装置2aで自動周波数制御(AFC)をするときに検出した受信電波のドップラーシフト Δf に基づき各車両の速度を検知し、車両の平均的な走行速度を求める方法などがある。

【0030】(2)の予め定数として与えておくのは、当該セルでの車両の走行速度を統計的又は経験的に求めておき、車両は常にこの走行速度で走行するものとみなすということである。車両が流れよく走行する道路では、車両の走行速度をリアルタイムで検知しなくても、定数として固定しておくほうが、走行速度検知手段が不要となり構成が簡単になる。

【0031】オフセット周波数 f_d の大きさは、当該速度で車両が走行した場合に、当該車両が受ける最大ドップラー偏移 F_d の半分($f_d = F_d / 2$)とする。このようにして設定されたオフセット周波数 f_d に相当する信号は、電圧制御発振回路(VCO)に供給される。そして、PLL発振器により、角周波数が $\omega + 2\pi f_d$ の信号が発生する。この角周波数が $\omega + 2\pi f_d$ の信号

10

20

30

40

50

は、移相回路により 90° の位相差が与えられてQPSK変調回路34aに供給される。

【0032】一方、オフセット周波数 $-f_d$ に相当する信号は、電圧制御発振回路(VCO)に供給され、PLL発振器により、角周波数が $\omega - 2\pi f_d$ の信号が発生する。この角周波数が $\omega - 2\pi f_d$ の信号は、移相回路により 90° の位相差が与えられてQPSK変調回路34bに供給される。これにより、QPSK変調回路34aから、 $+f_d$ のオフセットのある周波数信号が得られ、QPSK変調回路34bから、 $-f_d$ のオフセットのある周波数信号が得られる。

【0033】図4は、図2に示した送信装置2bの内部構成の変更例を示すブロック図である。この図4の回路構成を、図2の回路構成と比べると、図2の回路構成では、角周波数 $\omega \pm 2\pi f_d$ の信号を、QPSK変調回路34の局部発振回路に供給してオフセットを与えていたが、図4の回路構成では、QPSK変調回路34に入力される同相成分の信号I、直交成分の信号Qに周波数補正を施してオフセットを与えるところが違っている。

【0034】このオフセット周波数の補正を施す回路が f_d 補正回路37である。図5は、 f_d 補正回路37の内部構成を示す回路図である。 f_d 補正回路37は、 f_d 設定回路32から得られるオフセット周波数 f_d の情報に基づいて $\cos(2\pi f_d t)$ 、 $\sin(2\pi f_d t)$ の信号を作る。そして、逆フーリエ変換回路33から出てくる同相成分の信号I、直交成分の信号Qに、 $\cos(2\pi f_d t)$ 、 $\sin(2\pi f_d t)$ をそれぞれ乗算して

$$I \cos(2\pi f_d t),$$

$$I \sin(2\pi f_d t),$$

$$Q \cos(2\pi f_d t),$$

$$Q \sin(2\pi f_d t)$$

の4つの信号を得る。さらに、これら4つの信号の足し算、引き算をして、Ia、Ib、Qa、Qbを得る。

【0035】

$$Ia = I \cos(2\pi f_d t) - Q \sin(2\pi f_d t)$$

$$Qa = Q \cos(2\pi f_d t) + I \sin(2\pi f_d t)$$

$$Ib = I \cos(2\pi f_d t) + Q \sin(2\pi f_d t)$$

$$Qb = Q \cos(2\pi f_d t) - I \sin(2\pi f_d t)$$

そしてIa、QaをQPSK変調回路34aに供給し、Ib、QbをQPSK変調回路34bに供給する。

【0036】これにより、QPSK変調回路34aから、 $+f_d$ のオフセットのある周波数信号が得られ、QPSK変調回路34bから、 $-f_d$ のオフセットのある周波数信号が得られる。図6は、送受信局2の受信装置2aの内部構成を示すブロック図である。受信装置2aは、受信アンテナ21、ダウンコンバータ22、QPSK復調回路23、フーリエ変換回路24、P/S(パラレルシリアル)変換回路26、 Δf 検出部27等を有している。

【0037】受信装置2aのダウンコンバータ22は、

無線周波数を中間周波数に変換する回路である。QPSK復調回路23は、QPSK変調回路34とは逆にQPSK復調する回路であって、2分配された信号の一方にsin波をかけ、他方に 90° 位相の違うcos波をかけてそれぞれA/D変換する回路である。

【0038】周波数差 Δf 検出部27は、QPSK復調回路23の同相成分I(cos波をかけた後の信号)、直交成分Q(sin波をかけた後の信号)に基づいて受信周波数のずれ Δf を検出する回路である。受信周波数のずれ Δf は、サンプル時間間隔ごとに複素数 I/Q の偏角を計算し、現在の I/Q の偏角 $(I/Q)_t$ と、1つ前にサンプルした $(I/Q)_{t-1}$ の偏角との差に基づいて求めることができる。

$$\Delta f = (I/Q)_t - (I/Q)_{t-1}$$

Δf 検出部27は、この受信周波数のずれ Δf をダウンコンバータ22及びQPSK復調回路23にフィードバックすることにより、受信周波数のずれ Δf を補正する機能を果たす。フーリエ変換回路24は、送信側の逆フーリエ変換回路33と逆の処理をする回路で、QPSK復調された信号を、有効シンボル長TSのウィンドウ長でフーリエ変換することにより、復号信号を得る回路である。

【0040】P/S変換回路26はフーリエ変換後のパラレル信号を、シリアル信号に変換する回路である。このシリアル信号に変換されたデータは、中央基地局1に送信される。次に、車両に搭載される車載移動局の構成を説明する。図7は、車載移動局4の構成を示す概念図である。車載移動局4は、送受信アンテナ61、受信部、送信部、及び周波数制御部から構成される。

【0041】この送信部は、S/P変換回路47、逆フーリエ変換回路49、QPSK変調回路50、アップコンバータ51等を有している。この送信部の構成は公知であり、図2に示した路上の送信装置2bの構成の主要部分と同じなので動作説明を省略する。受信部は、無線周波数を中間周波数に変換するダウンコンバータ66、QPSK復調回路63、フーリエ変換回路64、P/S変換回路65等を有している。受信部の構成も公知であり、図6を用いて説明した受信装置2aの構成と同様なので、説明は省略する。

【0042】周波数制御部は、受信部の受信周波数のずれ Δf を検出する機能を持つとともに、このずれ Δf に基づいて受信部の周波数制御を行う機能を備えている。受信周波数のずれ Δf を検出する機能については、図6を用いて説明した Δf 検出部27の機能と同様の説明ができる。すなわち、QPSK復調回路63の同相成分I(cos波をかけた後の信号)、直交成分Q(sin波をかけた後の信号)に基づいて、サンプル時間間隔ごとに複素数 I/Q の偏角を計算し、現在の I/Q の偏角 $(I/Q)_t$ と、1つ前にサンプルした $(I/Q)_{t-1}$ の偏角との差に基づいて受信周波数のずれ Δf を検出する。

【0043】 $\Delta f = (1/Q)_{t-1} - (1/Q)_{t-2}$

周波数制御部は、検出した受信周波数のずれ Δf を、ダウンコンバータ66の発振器にフィードバックすることにより、受信周波数のずれ Δf を補正する機能を果たす。

$f = f_{org} - \Delta f$

この式で、 f_{org} は、 Δf が0のときに発振すべき周波数である。

【0044】このようにして得られた周波数のずれ Δf をグラフ化して示した図が、図8である。図8(a)は、本発明の路上送信装置の路上アンテナa1、a2；b1、b2；c1、c2の配置及びその下を走行する車両を示す。車両4は、前述したように、送受信アンテナ（以下「受信アンテナ」という）61と、車載移動局4とを搭載している。

【0045】図8(b)は、周波数のずれ Δf の推移を示すグラフである。受信アンテナ61が路上アンテナa2から受ける受信周波数のずれの推移をa2、受信アンテナ61が路上アンテナb1から受ける受信周波数のずれの推移をb1、受信アンテナ61が路上アンテナb2から受ける受信周波数のずれの推移をb2、受信アンテナ61が路上アンテナc1から受ける受信周波数のずれの推移をc1で示している。

【0046】この図8(b)のグラフによると、路上の送信装置2bの周波数オフセット f_d のために、周波数のずれ Δf は、図9の場合と比べると、ほぼ半分に減っている。例えば、b1を例にとれば、周波数オフセット f_d がなければ、車両は最大 F_d のドップラー偏移を受けるが、周波数オフセット f_d が予め与えられているために、受けるドップラー偏移は路上アンテナa1、a2の直下では半になる。

【0047】また、車両の走行に伴い路上アンテナの間付近Aで発生する周波数の飛びはほぼ半になることがわかる。このため、自動周波数制御（AFC）を行う場合、周波数制御の追従は十分可能であり、通信のとぎれは生じない。なお、車両が送受信局の直下Bを通過したとき、図9の場合は周波数の飛びは原則として生じないが、図8の場合は周波数の飛びが生じる。これは、本発明では、1つの送受信局に指向性の違う2つのアンテナを設けたので、車両が送受信局の直下Bを通過したとき、それらのアンテナからの受信電波が入れ替わり、オフセット周波数の差の2倍分だけ周波数が飛ぶからである。

【0048】本発明の実施の形態の説明は以上のとおりであるが、本発明は前述の実施形態に限定されるものではない。本発明の範囲内で種々の設計変更を施すことが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】路車間通信システムの構成を示す概念図である。

【図2】送受信局2の送信装置2bの内部構成を示すブロック図である。

【図3】OFDMによるシンボル伝送の様子を周波数軸 f 、時間軸 t 上に図示したグラフである。

【図4】図2に示した送信装置2bの内部構成の変更例を示すブロック図である。

【図5】図4の送信装置2bの f_d 補正回路37の内部構成を示す回路図である。

【図6】送受信局2の受信装置2aの内部構成を示すブロック図である。

【図7】車載移動局4の構成を示す概念図である。

【図8】(a)は、本発明の路上送信装置の路上アンテナa1、a2；b1、b2；c1、c2の配置及びその下を走行する車両を示す配置図であり、(b)は、車載受信装置の受ける周波数のずれ Δf の推移を示すグラフである。

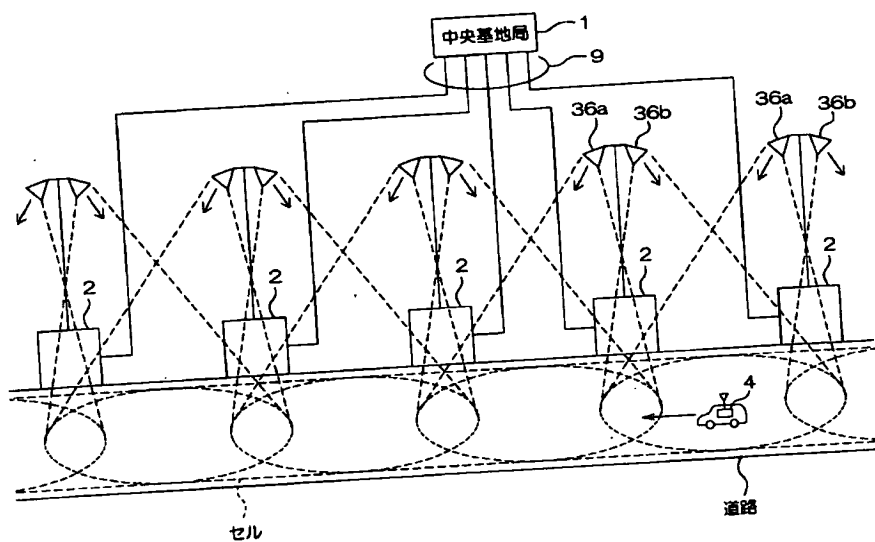
【図9】(a)は、従来の複局通信方式の3つの路上アンテナa、b、cの配置及びその下を走行する車両を示す配置図であり、(b)は、受信周波数のずれの推移を示すグラフである。

【符号の説明】

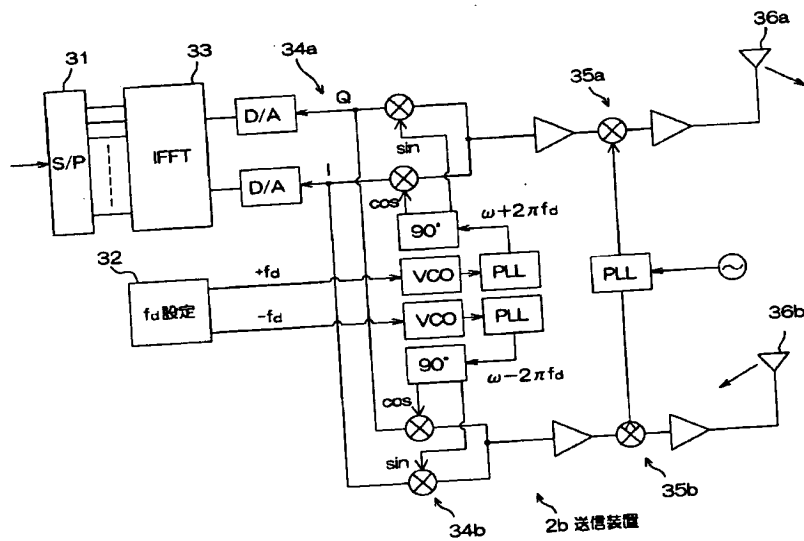
- 1 中央基地局
- 2 送受信局
- 2a 受信装置
- 2b 送信装置
- 4 車載移動局
- 22 ダウンコンバータ
- 23 QPSK復調回路
- 24 フーリエ変換回路
- 26 P/S変換回路
- 27 Δf 検出部
- 31 S/P変換回路
- 32 f_d 設定回路
- 33 逆フーリエ変換回路
- 34a、34b QPSK変調回路
- 35a、35b アップコンバータ
- 36a アンテナ
- 36b アンテナ
- 37 f_d 補正回路
- 47 S/P変換回路
- 49 逆フーリエ変換回路
- 50 QPSK変調回路
- 51 アップコンバータ
- 61 送受信アンテナ
- 63 QPSK復調回路
- 64 フーリエ変換回路
- 65 P/S変換回路
- 66 ダウンコンバータ
- a、b、c 路上アンテナ

(7)

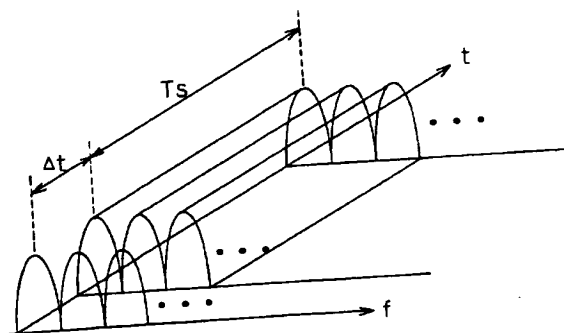
【図1】



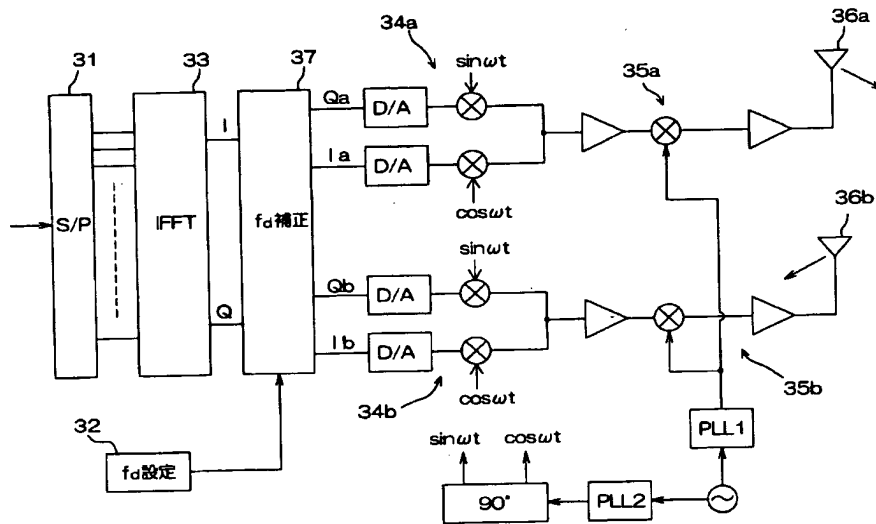
【図2】



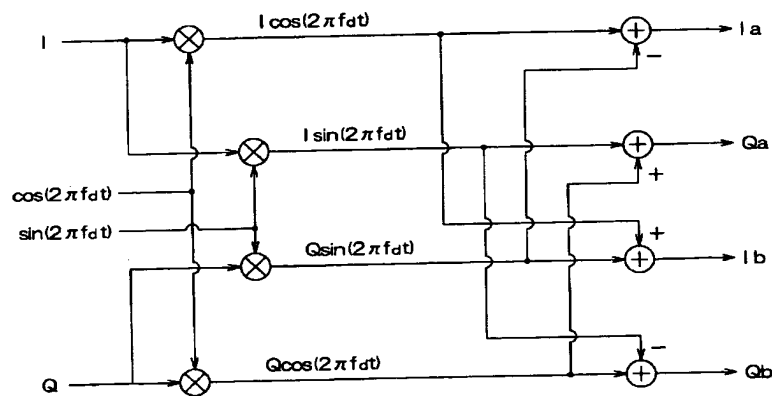
【図3】



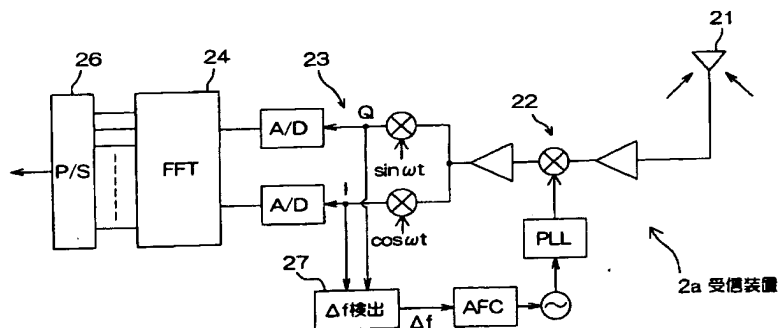
【図4】



【図5】



【図6】



The diagram illustrates the signal processing within a mobile station (車載移動局 4). It shows the flow from an external antenna (61) through a circulator, amplifiers, mixers (66, 51), and local oscillators (63, 50) to A/D and D/A converters. The received signal path includes an FFT block (64) and a P/S block (65). The transmitted signal path includes an IFFT block (49) and an S/P block (47). A feedback loop with an AFC block and a frequency error detector (Δf 検出) is also shown.

